

VERÄNDERUNGEN
IM ELEKTROLYTHAUSHALT VON HUNDEN
BEI DER ORTHOGRADEN DARMSPÜLUNG

von

Rudolf Aumer

aus

Hochstadt

1980 236

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik

der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. med. F. P. Gall

VERÄNDERUNGEN IM ELEKTROLYTHAUSHALT VON HUNDEN BEI DER ORTHOGRADEN DARMSPÜLUNG

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Rudolf Aumer

aus

Hochstadt

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Priv.-Doz. Dr. W. Schellerer
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall
Tag der mündlichen Prüfung: 25.02.1980

MEINEN ELTERN

GEWIDMET



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

I. <u>Einleitung</u>	1
Große Dickdarmoperationen erfordern eine sorgfältige Vorbereitung	
II. <u>Fragestellung</u>	3
Die orthograde Darmspülung - ein neuer Weg? Hat sie gravierende Nebenwirkungen auf den Elektrolythaushalt?	
III. <u>Methodik</u>	5
a) Versuchsplanung	
1. Versuchstier und Spüllösung	
2. Wahl der zu untersuchenden Parameter	
b) Versuchsverlauf	
IV. <u>Ergebnisse</u>	10
a) Natrium	
b) Chlorid	
c) Kalium	
d) Eiweiß	
e) Harnstoff, Magnesium und Calcium	
f) renale Elektrolytausscheidung	
V. <u>Diskussion</u>	27
a) Narkose	
b) Nebenwirkungen der Darmspülung	30
1. Azidose	
2. isotone Hyperhydration des EZR	
c) Literatur zur Darmspülung	40
1. Lösung - Elektrolyte - Hydratation	
2. Indikationen - Kontraindikationen	
3. Bakteriologie	
d) Schlußwort	47
VI. <u>Zusammenfassung</u>	48
VII. <u>Literaturverzeichnis</u>	49

I. EINLEITUNG

Die stetige Zunahme von Darmerkrankungen, besonders von Tumoren, macht immer häufiger Operationen mit Eröffnung des Dickdarms notwendig.

Diese Entwicklung zeigt die Bedeutung einer optimalen Vorbereitung des Darms vor diagnostischen Maßnahmen wie Bariumkontrasteinläufen oder Koloskopien ebenso wie vor therapeutischen Eingriffen im kolorektalen Bereich, beträgt doch hier das postoperative Infektionsrisiko etwa das Zehnfache von dem anderer chirurgischer Interventionen. (1,8)

Ziel einer erfolgreichen Vorbereitung muß die vollständige mechanische Reinigung des Dickdarms und eine möglichst vollkommene Unterdrückung der mikrobiellen Kolonflora zum Zeitpunkt des Eingriffs sein.

Im Augenblick wird die Vorbereitung mit diätetischen Maßnahmen, schlackenarmer Kost, wiederholter Gabe von Laxantien, Einläufen und oralen, nicht resorbierbaren Antibiotika durchgeführt (6,8,11,17).

Diese Methode führt nicht immer zum erhofften Erfolg (14), erfordert einen mindestens dreitägigen stationären Aufenthalt, ist unangenehm für den Patienten, aufwendig und belastend für das Pflegepersonal (1,6, 8,14), und sie bewirkt besonders bei älteren und schwachen Patienten leicht Kaliumverluste und eine Dehydration (6,35). Außerdem erzeugt sie eine katabole Stoffwechsellage, die gerade vor einem größeren

Eingriff mit nachfolgendem Abbau körpereigener Proteine (34) nicht erwünscht ist, weil so zusätzlich die Wundheilung beeinträchtigt wird.

Gründe genug, um sich Gedanken über neue, vielleicht bessere Wege zu machen, wie man unter Vermeidung der genannten Nachteile den Darm säubern und von pathogenen Keimen befreien könnte, ohne andere gravierende Nebenwirkungen zu verursachen.

II. FRAGESTELLUNG

Nun veröffentlichte HEWITT 1973 solch eine neuartige Methode (1). An zwölf Probanden - sechs davon waren gesunde Freiwillige, sechs Patienten zur Operationsvorbereitung - führte er eine orthograde Darmspülung durch.

Über eine Magensonde gab er in zwei bis drei Stunden 9 - 13 Liter einer körperwarmen Spülflüssigkeit, die pro Liter etwa 141 mval Na^+ , 111 mval Cl^- , 10 mval K^+ , und 35 mval HCO_3^- enthielt. Die Spülung wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit nach der Darmpassage eine Stunde lang klar und ohne Stuhlbeimengungen war.

Aufbauend auf diese Idee und auf von J. ALEXANDER-WILLIAMS publizierte gute Ergebnisse bei 81 Patienten (4) mit einer isotonen Kochsalzlösung, teilweise mit einem Zusatz von 4 mval/l KCl, wurde an der chirurgischen Universitätsklinik Erlangen eine Probespülung bei einer 41-jährigen Patientin unternommen.

Bei einer Einfuhr von effektiv 10,2 Litern, entsprechend 408 mval K^+ und 1570 mval NaCl, traten jedoch stärkere Elektrolytverschiebungen im Serum, vor allem eine starke Hyperkaliämie und Hyponatriämie, ein Erythrozytenabfall von 4,5 auf 3,25 Mill/mm³ bei etwa gleichbleibendem Hämatokrit und Hämoglobin sowie stärkeres Erbrechen auf.

Da auch R. NICHOLS (3) vor stärkeren Flüssigkeitsverschiebungen warnte und meinte, die Darmspülung sollte wegen der ungenügend überprüften Nebenwirkungen

noch nicht Routineangelegenheit, sondern erst einmal Aufgabe der Forschung sei, schien uns vorerst eine genaue Überwachung der Auswirkungen der Spülung auf Blutvolumen, Serumelektrolyte und Ausscheidung im Tierversuch angebracht.

HEWITT und ALEXANDER-WILLIAMS (1,4) schrieben zwar, die Flüssigkeitsretention und Elektrolytveränderungen seien nicht gravierend; jedoch hatten sie die Werte nicht kontinuierlich, sondern nur am Anfang und Ende der Spülung gemessen und doch immerhin höheres Alter der Patienten, Herz- und Niereninsuffizienz als Kontraindikationen der Spülung angegeben.

Ziel des Tierversuchs war es nun, kontinuierlich während des Verlaufs der Spülung zu bestimmen, ob und wie weit vom Darm Flüssigkeit und Elektrolyte resorbiert oder sezerniert werden, und welche Folgen das auf den Gesamtorganismus hat. Zusätzlich wollten wir eine Testlösung erproben.

III. METHODIK

Geplant waren zwei Testserien mit jeweils zehn Hunden als Versuchstiere. Die eine Serie sollte mit isotoner Kochsalzlösung, wie sie ALEXANDER - WILLIAMS teilweise verwendete (4), gespült werden, die andere mit einer neu zusammengestellten Lösung, die sich theoretisch im Darm möglichst inert verhalten müßte, also dem Elektrolytgehalt im Jejunum sowie den dortigen osmotischen und onkotischen Druckverhältnissen weitgehend entspräche, um sowohl eine Resorption als auch einen Wasserentzug aus dem Gewebe auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren.

Der osmotische Druck der Testlösung betrug ca. 300 m-osmol/l, der onkotische ca. 40 cm H₂O.

Zusammensetzung der Lösung siehe Tab. I.

Testlösung	Kochsalzlösung
Na ⁺ 110 mval/l	Na ⁺ 154 mval/l
Cl ⁻ 120 mval/l	Cl ⁻ 154 mval/l
K ⁺ 5 mval/l	
Mg ⁺⁺ 15 mval/l	
PO ₄ ⁻⁻⁻ 15 mval/l	
Lactulose 12g/l ^o	
Polyvinylpyrrolidon 30g/l	
(mittl. Molgew. 25000)	

Tab. I: Zusammensetzung der Spüllösungen

- ^o Disaccherid (D-Galaktose + D-Fruktose)
als osmotisch wirksames Laxans

Darüber hinaus lief noch eine Kontrollgruppe von fünf Hunden ohne Spülung mit, an der die Wirkung der Narkose auf die zu prüfenden Parameter deutlich wird, denn die Versuchstiere mußten ja im Gegensatz zum Menschen während der Spülung in Narkose gehalten werden.

Wir entschieden uns dafür, folgende Parameter fortlaufend zu überwachen:

- a) die Elektrolyte Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- im Serum, um deutlichere Konzentrationsunterschiede während der Spülung erkennen zu können - bis auf das Ca^{++} sind alle anderen Substanzen in der Testlösung enthalten.
- b) den pH-Wert, den CO_2 -Partialdruck, den Base-excess und das Bikarbonat im Blut, um ein genaues Bild des Säurebasenstatus zu erhalten und eventuelle azidotische oder alkalotische Stoffwechselentgleisungen festzustellen.
(Aus technischen Gründen wurden diese Werte aus venösem Blut bestimmt, da uns hier weniger die Absolutzahlen, als vielmehr relative Veränderungen zum Ausgangswert interessierten)
- c) Erythrozytenzahl, Hämoglobin und Hämatokrit - bei der Probespülung war ja ein Erythrozytenabfall aufgetreten.
- d) Harnstoff und Eiweiß im Serum - sie dienten neben dem Hämatokrit als Indikatoren einer möglichen Blutverdünnung.
- e) ebenso die Menge und der Elektrolytgehalt des ausgeschiedenen Urins.

Diese Arbeit befaßt sich im wesentlichen mit den Ergebnissen der Punkte a, d und e, die Punkte b und c sind ausführlich in (15) dargestellt.

Als Versuchstiere verwendeten wir durchwegs männliche Hunde mit einem Körpergewicht von 28 - 38 kg, die am Morgen vor der Spülung nüchtern geblieben waren. Nach dem Wiegen wurden sie in Seitenlage auf dem OP- Tisch gelagert.

Die Blutproben gewannen wir über eine Braunüle aus einer Vene des Hinterfußes, während das Narkotikum über die Vena antebrachii anterior oder die Vena cephalica des Vorderfußes gespritzt wurde (22).

Wir injizierten durchschnittlich 0,4 - 0,5 g Thiopental-Na (Trapanal^R), die eine Hälfte davon im Schuß, die andere langsam (23), zur Narkoseeinleitung, behielten während des gesamten Versuchs die reine Barbituratnarkose bei und dosierten je nach Notwendigkeit bis zu einer Höchstmenge von insgesamt 2 g Thiopental-Na nach.

Nach dem Einschlafen wurde ein Blasenkatheter gelegt, der in der Blase befindliche Urin abgelassen und der Katheter in ein Meßgefäß geleitet. Danach wurde eine Magensonde geschoben und ihre richtige Lage durch Aspiration von Magensaft kontrolliert.

Über die Magensonde ließen wir die im Wasserbad auf etwa 37° C vorgewärmte Spüllösung von einem Infusionsständer herab, also ohne Verwendung einer Pumpe einlaufen. Die Flüssigkeitszufuhr betrug soweit möglich zwei Liter pro Stunde, die Gesamtdauer der Spülung bei einer Zufuhr von acht Litern also vier Stunden.

Im Verlauf der Spülung wurden regelmäßig die vorgesehenen Parameter überwacht. Nach jeder Stunde bzw. zwei Litern mehr zugeführter Lösung wurden dem Hund ungefähr 20 ml Blut entnommen und auf drei Proben verteilt:

Probe A wurde zentrifugiert, das gewonnene Serum eingefroren zur späteren Bestimmung der Elektrolyte (flammenphotometrisch), von Harnstoff und Eiweiß.

Die Proben B und C wurden heparinisiert; aus B erhielten wir die Werte des Blutstatus; C wurde zur sofortigen Blutgasanalyse verwendet.

Jede Stunde wurden außerdem die ausgeschiedene Harnmenge gemessen und eine Probe zur Bestimmung der darin enthaltenen Elektrolytkonzentrationen aufgehoben. Die genauen Zeitpunkte der Entnahmen wurden protokolliert. (s. Tab. II)

Zeit in h	0	1	2	3	4	5
aufgenommene Flüssigkeit	-	2	4	6	8	8
(A) Elektrolyte, EW, Harnstoff	x	x	x	x	x	x
(B) Hb, Hkt, Ery's	x	-	x	-	x	x
(C) Astrup	x	-	x	-	x	x
Urinprobe	-	x	x	x	x	x

Tab. II: Zeitplan der Kontrollbestimmungen

Erbrochenes fingen wir mit unter den Kopf des Hundes gelegten wasserdichten Plastikbeuteln auf, saugten es ab, und konnten so leicht das Volumen feststellen.

Die Stuhlausscheidung und Zusammensetzung der Spüllösung nach Passage des Darms konnten wir nicht messen, da die narkotisierten Tiere nicht, wie beim Menschen beschrieben (1), ein bis zwei Stunden nach Beginn der Spülung mit der Ausscheidung beginnen, sondern höchstens kurz vor oder nach dem Ende der Spülung kleinere Mengen breiigen Stuhls, aber nie klare Flüssigkeit absetzen.

Diese Tatsache beinhaltet die Konsequenz, daß wir nicht in der Lage sind, eine Aussage über die Eignung der Spüllösungen hinsichtlich ihres Effektes zu treffen; wohl aber bringt es gerade die verlängerte Verweildauer der Lösungen im Darmlumen mit sich, daß etwaige resorptionsbedingte Flüssigkeits- und Elektrolytverschiebungen noch deutlicher hervortreten, was für unseren Zweck, Auswirkungen der Spülung zu prüfen, sogar von Vorteil ist.

Die bisherige Schilderung des Versuchsablaufs trifft auf die mit NaCl gespülten Hunde zu; die Kontrollgruppe erhielt keine Lösung infundiert, ansonsten war die Versuchsanordnung die gleiche.

Die Spülungen mit der Testlösung sind zum großen Teil nicht verwertbar, da die meisten Tiere nach Zufuhr von zwei bis drei Litern keine weitere Flüssigkeit mehr behielten. Von den zwölf mit der Testlösung durchgeführten Spülungen waren nur vier bedingt auswertbar, d.h. die Ergebnisse kamen unter den gleichen Versuchsbedingungen wie bei den beiden anderen Serien zustande, worauf wir diese Reihe abbrachen.

IV. Ergebnisse

Im Folgenden werden graphisch und tabellarisch dargestellt:

- A) die Spülung mit isotoner Kochsalzlösung (n = 10)
- B) die Kontrollgruppe in reiner Narkose (n = 5)
- C) die Spülung mit der Testlösung (n = 4)

Dabei geben die Werte der letzten Gruppe wegen der geringen Anzahl der Versuchstiere und der im Durchschnitt etwas geringeren aufgenommenen Flüssigkeitsmenge (6 Liter gegenüber 7 - 8 Liter bei der NaCl-serie) nur Tendenzen wieder.

Die Standardabweichungen (s) der Serumwerte sind bei Gruppe A) und B) in den Tabellen mit enthalten. Differieren die verglichenen Gruppen stärker, wird dieser Unterschied in einer zusätzlichen Kurve, die von einem identischen Ausgangswert ausgeht, herausgearbeitet. In solchen Fällen ist dann auch die Standardabweichung mit in die Kurve eingezeichnet.

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

x_i = Einzelwert

n = Anzahl der Einzelbeobachtungen

Die Urinausscheidung von Natrium und Chlorid wird bei diesen beiden Substanzen im Zusammenhang mit den Serumwerten abgehandelt; gemeinsam sind die Urinwerte von Natrium, Chlorid, Kalium und Magnesium (das Calcium lag oft unter der laborchemischen Nachweisgrenze) sowie die Harnmenge am Ende des Abschnitts in Tabellen beschrieben (Tab. X - XII).

Signifikanzberechnungen sind wegen der zu kleinen Anzahl der Einzelwerte in den jeweiligen Serien und den nicht hochgradig voneinander differierenden Ergebnissen wenig sinnvoll; es wurde daher darauf verzichtet.

a) Natrium - Haushalt

Die Natriumkonzentration im Serum bleibt überall fast unverändert. In der NaCl - Reihe steigt sie lediglich um 2 mval/l an, bei der Kontrollgruppe und der Testserie fällt sie um etwa denselben Betrag ab (Tab. III, Abb. I).

Sowohl hinsichtlich der Absolutmenge als auch der Konzentration nimmt die Natriumausscheidung im Urin während der Spülung in der NaCl - Reihe kontinuierlich zu, bei der Testserie dagegen nach einem starken Anstieg später wieder ab (Abb. II, Tab. XII).

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	146	147	148	150	149	148
s_A	6,0	5,0	3,6	3,8	6,1	3,6
M_B	139	139	138	139	138	-
s_B	3,4	2,8	3,8	2,3	3,6	-
M_C	153	150	151	151	149	150

Tab. III: Na^+ - Konzentration im Serum der drei
Versuchsreihen (in mval/l)

M = Mittelwert

A = NaCl - Reihe

s = Standardabweichung

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

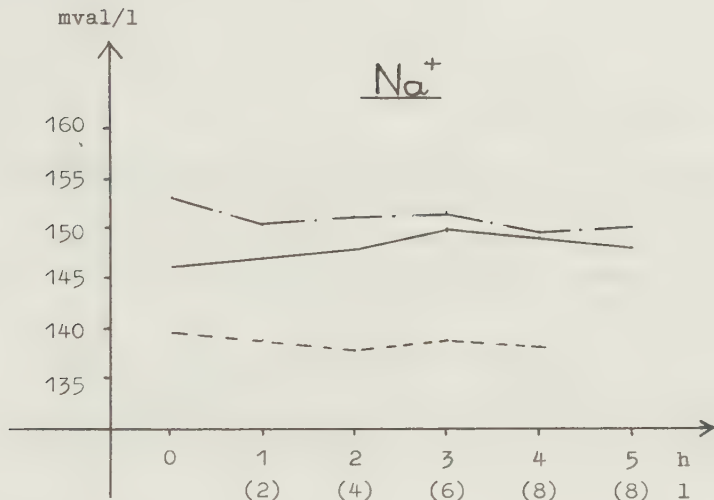


Abb. I: Na⁺- Konzentration im Serum während der Spülungen (Mittelwerte)

———— = NaCl-R. - - - - = Kontr. - . - . = Tests.

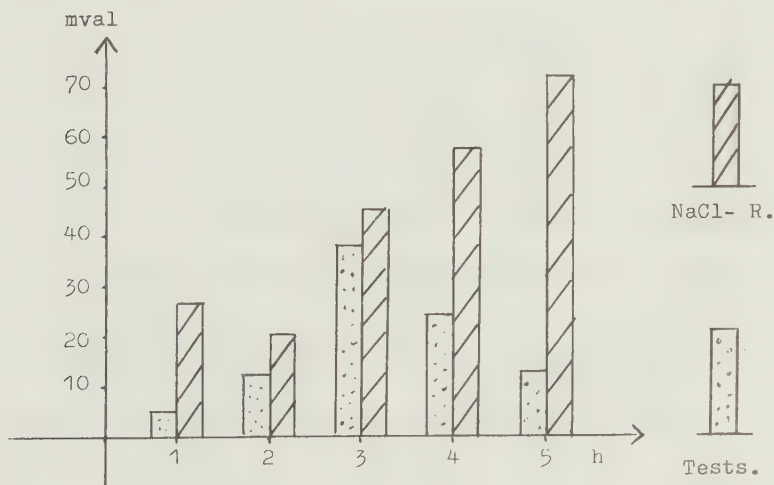


Abb. II: Im Urin ausgeschiedene Menge an Na⁺ in mval
Vergleich zwischen NaCl- und Testlösung

b) Chlorid - Haushalt

Während sich die durchschnittliche Chloridkonzentration im Serum der Kontroll- und der Testlösungsgruppe nahezu auf dem gleichen Niveau hält, findet sich bei der NaCl - Reihe ein deutlicher Anstieg um 13 mval/l nach fünf Stunden (Tab. IV, Abb. III, IV).

Die renale Chloridausscheidung zeigt einen der Natriumexkretion parallelen Verlauf mit fortwährender Zunahme in der NaCl - Reihe bzw. einem Gipfel nach drei Stunden bei der Testserie (Tab. XII, Abb. V).

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	108	111	116	118	120	121
s_A	3,1	2,5	3,1	2,6	3,1	3,3
M_B	106	107	108	108	109	-
s_B	3,4	3,2	2,1	1,8	3,2	-
M_C	111	112	114	115	115	115

Tab. IV: Chloridkonzentration im Serum in mval/l

M = Mittelwert

s = Standardabweichung

A = NaCl - Reihe

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

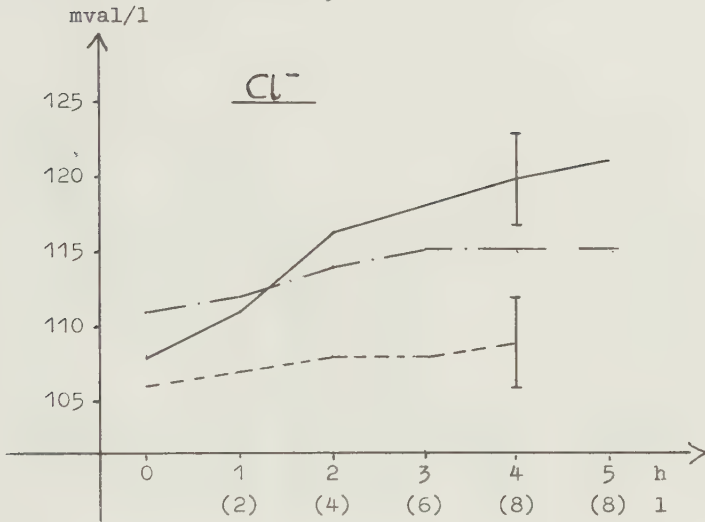


Abb. III: Cl⁻- Konzentration im Serum im Verlauf der Spülungen

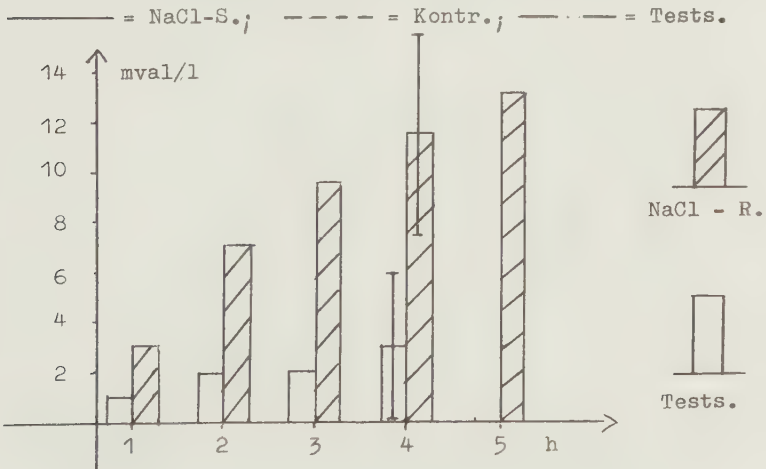


Abb. IV: Vergleich der Zunahme der Chloridkonzentration im Serum zwischen der NaCl-Reihe und der Kontrollgruppe

I = Standardabweichung

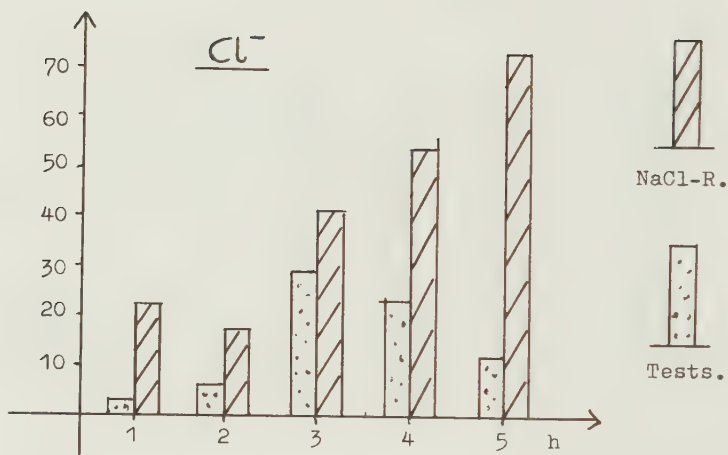


Abb. V: Renale Chloridausscheidung in mval
Vergleich zwischen NaCl- und Testserie

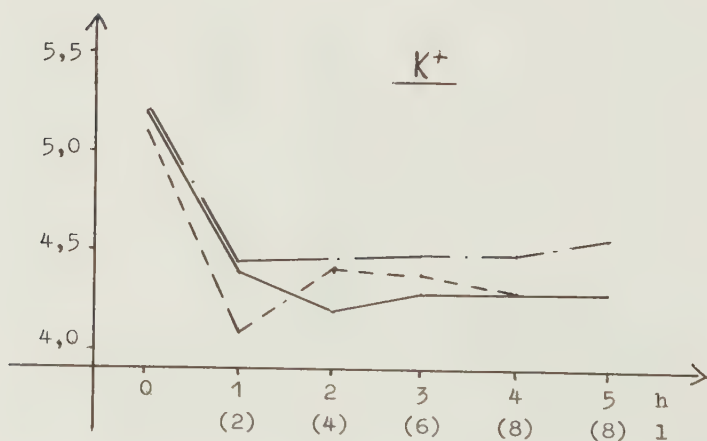


Abb. VI: Serumkaliumkonzentration in mval/l während
der Spülung

— = NaCl-S. - - - = Kontr. - . - = Tests.

c) Kalium - Haushalt

Die Serumkaliumkonzentrationen der drei Versuchsgruppen lassen ein nahezu identisches Verhalten erkennen. In der ersten Stunde tritt überall eine deutliche Verminderung um 0,8 - 1 mval/l ein, in den folgenden Stunden eine Annäherung zum Ausgangswert von 0,1 - 0,2 mval (Tab. V, Abb. VI).

Der renale Kaliumverlust im Verlauf der Spülung beträgt bei der NaCl - Reihe im Durchschnitt 20,7 mval, bei der Testserie 12,9 mval (Tab. XII).

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M _A	5,2	4,4	4,2	4,3	4,3	4,3
s _A	0,32	0,36	0,41	0,29	0,33	0,35
M _B	5,1	4,1	4,4	4,4	4,3	-
s _B	0,21	0,25	0,41	0,46	0,38	-
M _C	5,2	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6

Tab. V: Kaliumkonzentration im Serum in mval/l

M = Mittelwert

s = Standardabweichung

A = NaCl - Reihe

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

d) Serum - Eiweiß

Das Verhalten vom Eiweiß im Blut weist auffallende Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auf. Das Absinken um 0,6 - 0,8 g/l innerhalb der ersten Stunde findet man überall. Dann jedoch bleibt der Serumeiweißspiegel in der Kontrollgruppe völlig konstant, während er in der Testserie bis zum Ende der Spülung noch um weitere 0,4 g/l, in der NaCl - Reihe sogar um 1,0 g/l abnimmt (Tab. VI, Abb. VII u. VIII).

Der Eiweißspiegel erniedrigt sich also in den beiden Serien weiter, in denen Spüllösung zugeführt wird.

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	7,1	6,3	5,7	5,4	5,3	5,2
s_A	0,81	0,83	0,73	0,64	0,54	0,58
M_B	6,8	6,2	6,2	6,15	6,2	-
s_B	0,73	0,65	1,06	0,90	0,90	-
M_C	6,7	5,9	5,5	5,6	5,5	5,2

Tab. VI: Serumeiweißspiegel in g/l

M = Mittelwert

s = Standardabweichung

A = NaCl - Reihe

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

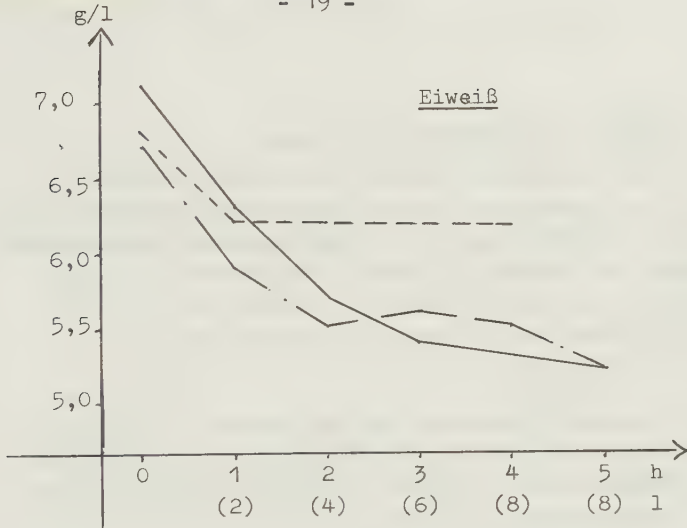


Abb. VII: Serumeiweißkonzentration in g/l

———— = NaCl-R. - - - - = Kontr. — . — = Tests.

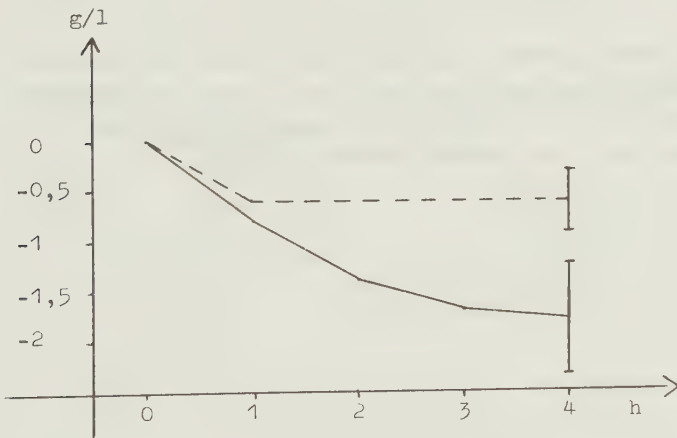


Abb. VIII: Unterschiedliche Abnahme der Serumeiweißkonzentration bei der NaCl - Reihe und der Kontrollgruppe

I = Standardabweichung

e) Harnstoff, Magnesium und Calcium

Diese drei Substanzen werden nebeneinander abgehandelt, weil die Veränderung ihrer Serumkonzentrationen sowohl während der Spülung als auch bei den Kontrolltieren praktisch gleichartig verlaufen. Zudem zeigt das Verhalten dieser drei Größen deutliche Parallelen zu dem des Eiweißes.

Auch Harnstoff, Magnesium und Calcium weisen in allen drei Versuchsreihen eine, wenn auch geringe Konzentrationsverminderung auf. Dann bleiben das Magnesium und das Calcium in der Kontrollgruppe stabil, der Harnstoff sinkt nur wenig ab.

In der NaCl - Reihe findet sich im Gegensatz dazu eine progrediente Konzentrationsabnahme der drei Substanzen, die beim Harnstoff hier wesentlich stärker ausgeprägt ist als bei den Kontrolltieren. In der Testserie liegen die Werte zwischen denen von A und B (Tab.VII-IX).

Graphisch wird beim Harnstoff der Verlauf der Serumkonzentration dargestellt (Abb. IX), beim Magnesium und Calcium die unterschiedliche Konzentrationsabnahme im Serum nach vier Stunden herausgearbeitet.

(Abb. Xa + Xb)

Differenzen um eine Dezimalstelle zwischen Tabellen und Abbildungen ergeben sich wegen der zwecks Übersichtlichkeit in den Tabellen vorgenommenen Auf- und Abrundungen.

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	31,0	28,3	25,6	22,1	20,4	18,9
s_A	8,6	7,0	6,4	4,8	4,1	3,7
M_B	29,6	28,6	27,2	26,2	24,5	-
s_B	9,5	8,0	5,1	5,0	5,4	-
M_C	38,4	32,6	29,0	28,0	25,5	25,0

Tab. VIII: Mittelwerte der Serumharnstoffkonzentrationen in mg%.

M = Mittelwert

s = Standardabweichung

A = NaCl - Reihe

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	5,4	4,9	4,6	4,4	4,3	4,3
s_A	0,35	0,31	0,30	0,30	0,24	0,22
M_B	5,2	4,9	4,9	4,9	4,9	-
s_B	0,73	0,65	1,06	0,90	0,90	-
M_C	5,2	4,9	4,6	4,7	4,6	4,6

Tab. VIII: Mittelwerte der Ca^{++} -Konzentration im Serum
in mval/l

M = Mittelwert

s = Standardabweichung

A = NaCl - Reihe

B = Kontrollgruppe

C = Testserie

Zeit (h)	0	1	2	3	4	5
M_A	2,3	1,9	1,7	1,55	1,5	1,4
s_A	0,30	0,24	0,21	0,14	0,16	0,13
M_B	2,15	2,0	2,0	1,85	1,9	-
s_B	0,44	0,42	0,46	0,49	0,50	-
M_C	2,4	1,9	1,7	1,9	1,9	1,8

Tab. IX: Mittelwerte der Mg^{++} -Konz. im Serum in mval/l

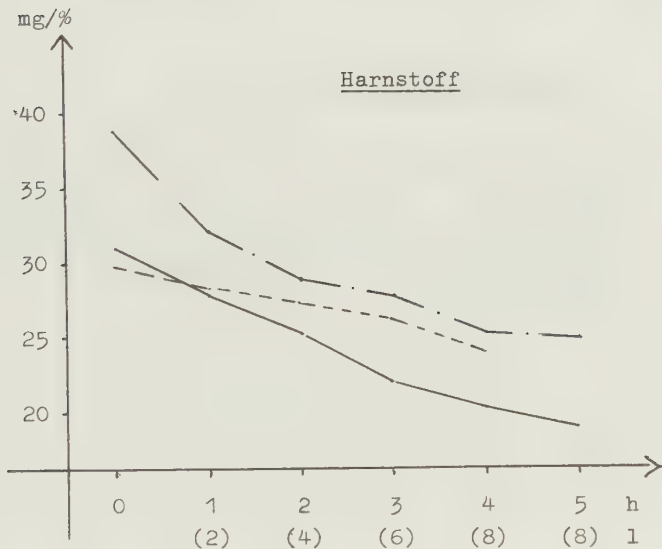


Abb. IX: Durchschnittliche Harnstoffkonzentration im Serum

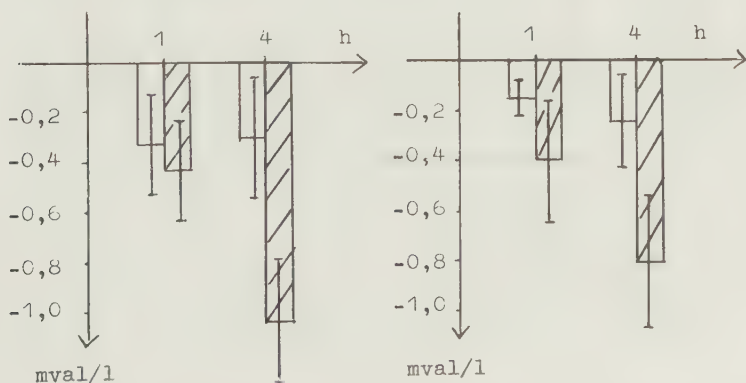


Abb. Xa: Abnahme der Ca^{++} -Konz. im Serum;

Abb. Xb: Abnahme der Mg^{++} -Konz. im Serum;

f) Urinausscheidung

In der NaCl- und der Testserie wurde das stündliche Urinvolumen (V) und die jeweils darin enthaltene Elektrolytkonzentration (c) bestimmt; die Berechnung der ausgeschiedenen Absolutmengen an Elektrolyten erfolgte nach:

$$M = c \cdot V \text{ (mval)}$$

URINVOLUMEN

Zeit (h)	1	2	3	4	5	gesamt
Vol. A	215	214	338	360	409	1536
Vol. C	100	187	357	150	103	897

Tab. X: Durchschnittliche Urinvolumina (in ml)

A = NaCl - Reihe

C = Testserie

NaCl - Reihe

Zeit (h)	1	2	3	4	5	mittl. Konz.
Na ⁺	122,8	91,6	132,2	157,5	173,6	142,1
Cl ⁻	100,9	80,8	121,9	148,6	173,1	132,7
K ⁺	53,0	8,9	3,8	4,4	10,8	13,4
Mg ⁺⁺	6,3	2,9	1,9	2,0	1,7	2,6

Tab. XIa: Elektrolytkonzentration im Urin in mval/l
in der NaCl - Reihe

Testserie

Zeit (h)	1	2	3	4	5	mittl. Konz.
Na ⁺	51,0	62,0	106,7	161,3	123,3	102,2
Cl ⁻	26,0	34,8	80,7	150,0	114,6	80,5
K ⁺	19,5	6,2	12,8	24,5	14,8	14,4
Mg ⁺⁺	1,9	1,6	1,6	3,5	2,5	2,05

Tab. XIb: Elektrolytkonzentration im Urin in mval/l
bei der Testserie

NaCl - Reihe

Zeit (h)	1	2	3	4	5	gesamt
Na ⁺	26,4	19,6	44,7	56,7	71,0	218,8
Cl ⁻	21,7	17,3	41,2	53,5	70,8	204,4
K ⁺	11,4	1,9	1,3	1,6	4,4	20,7
Mg ⁺⁺	1,35	0,65	0,65	0,7	0,7	4,1

Tab. XIIa: Elektrolytausscheidung bei der NaCl-Reihe
in mval

Testserie

Zeit (h)	1	2	3	4	5	gesamt
Na ⁺	5,1	11,6	38,1	24,2	12,7	91,7
Cl ⁻	2,60	6,5	28,8	22,5	11,8	72,2
K ⁺	1,95	1,15	4,55	3,65	1,55	12,9
Mg ⁺⁺	0,19	0,30	0,56	0,52	0,26	1,84

Tab. XIIb: Elektrolytausscheidung bei der Testserie
in mval

V. DISKUSSION

a) Narkose

Im Gegensatz zur am wachen Menschen vorgenommenen Darmspülung (1,11,14) mußten wir unsere Versuchstiere narkotisieren, wozu wir das Barbiturat Thiopental-Na (Trapanal^R) verwendeten.

Mit einer Anfangsdosis von etwa 15 mg/kg Körpergewicht (22,23) erreichten wir ein ruhiges und schnelles Einschlafen der Tiere meist noch während der Injektion, da Thiobarbiturate rasch die Blut-Hirn-Schranke überwinden und im ZNS eine hohe Konzentration erreichen. (23)

Diese sinkt aber bald infolge der verzögerten Aufnahme des Narkotikums in geringer durchblutete Gewebe, wie Muskulatur und Fett, deren Anteil am Gesamtverteilungsraum jedoch sehr groß ist, auf subnarkotische Werte ab, was die Notwendigkeit von Nachinjektionen beinhaltet.

Da die Wirkung der gleichen Dosis aber immer stärker wird (19), wird damit auch die wirksame Dosis kleiner. Der Abbau von Thiopental erfolgt nach Einstellung eines Diffusionsgleichgewichtes zwischen Fettgewebe und Blut zum großen Teil über die Leber, die Thiopental nur sehr langsam metabolisiert; zudem entsteht durch oxydative Desulfurierung noch das sedativ-hypnotisch lang wirksame Pentobarbital (19,23).

Auswirkungen der Barbituratnarkose beim Hund sind der wohl auf einer Speicherung in der Milz (22) beruhende Abfall der Erythrozyten, des Hämoglobins und des

Hämatokrits (23). In unserer Kontrollgruppe betrug er zwei Stunden nach Narkosebeginn etwa 20%, um sich dann im weiteren Verlauf des Versuchs wieder leicht zu erholen. Nach vier Stunden waren die Werte noch um ungefähr 15 % gegenüber dem Ausgangswert gesenkt (15).

Außerdem wird eine cardiodepressive Wirkung (18,19) mit leichtem Abfall des systolischen und diastolischen arteriellen Drucks mit einer geringen Verminderung des Herzminutenvolumens (18,20) beschrieben, ebenso auch von uns beobachtete häufigere ventrikuläre Extrasystolen (21,23) und reaktive Tachykardien.

Die Barbituratnarkose ruft durch eine ausgeprägte Depression des Atemzentrums besonders direkt im Anschluß an eine Nachinjektion eine Abnahme des Atemzugvolumens bis zum völligen kurzzeitigen Atemstillstand hervor.

Dies wiederum führt zu einer Zunahme der alveolären CO_2 -Spannung. Die reaktive Atemfrequenzsteigerung zur Kompensation des Atemminutenvolumens ist dabei nur eine scheinbare, weil wegen der relativen Zunahme der Totraumbelüftung die effektive Belüftung der Alveolen nicht die Normalwerte erreicht (18,24).

Während einer länger dauernden, intravenösen Barbituratnarkose kommt es infolge der Ateminsuffizienz zu einem konstanten Anstieg des pCO_2 , zu einem ständigen Abfall des pH- werts, also zur respiratorischen Azidose (18).

Diese Entwicklung trat bei unserer Kontrollgruppe, obgleich nicht künstlich beatmet, nicht auf. Der pH-Wert und der CO_2 - Partialdruck blieben nahezu unverändert, wohl aber zeigten sich die genannten Veränderungen in relativ starkem Maße im Verlauf der Spülungen (15).

Der Grund dafür könnte in einer zusätzlichen mechanischen Beeinträchtigung der Zwerchfellbeweglichkeit durch die im Darmlumen gebliebene Spülflüssigkeit liegen.

Die hemmende Wirkung der Narkose auf die Darmfunktion sehen wir als Ursache dafür an, daß unsere Versuchstiere die Spüllösung nur zu einem geringen Teil wieder enteral ausgeschieden haben.

b) Auswirkungen der Spülung

Bei den meisten Tieren der Testserie kam es - wohl durch die Zusammensetzung der Lösung bedingt - zu einer verstärkten Tonisierung des Magens und damit zu einer Hemmung der Magenentleerung; das führte zum baldigen Erbrechen der Flüssigkeit.

Wegen der geringen Anzahl der verwertbaren Versuche ($n = 4$) wird diese Serie nicht eigens diskutiert; prinzipiell gehen die Ergebnisse in dieselbe Richtung wie die der mit Kochsalz gespülten Gruppe.

In der NaCl-Gruppe treten zwei Reaktionen des Organismus auf, die man bei den Kontrolltieren nicht findet:

- 1) eine gemischte respiratorische und metabolische Azidose
- 2) eine isotone Hyperhydratation des Extrazellulärraums

zu 1)

Die Azidose äußert sich in einem starken Abfall des pH-Werts um 0,15 und einer erheblichen Negativierung des Base-excess ($-4,6 \text{ mval/l}$) (15). Beide Veränderungen sind bei der Kontrollgruppe nicht nachweisbar; hier zeigen die Daten des Säure-Basen-Haushalts keine nennenswerten Schwankungen (15).

Die Azidose ist eine gemischte mit überwiegend respiratorischem, aber auch metaolischem Anteil. Die respiratorische Komponente kann man an der Erhöhung des CO_2 -Partialdrucks im Blut um 10 Torr erkennen (15), die durch Narkose und mechanische Behinderung der Zwerchfellbeweglichkeit verursacht wird (s.o.).

Aufgrund des gesteigerten CO_2 -Partialdrucks fallen vermehrt H^+ -Ionen an und werden größtenteils von den Pufferbasen des Bluts abgefangen (BE wird negativer). Eine verstärkte Bikarbonatrückresorption der Niere als Kompensationsmechanismus tritt frühestens nach sechs Stunden ein (25) und spielt in unserem Versuch daher keine Rolle.

Das Standardbikarbonat wird definitionsgemäß durch die respiratorische Komponente der Azidose nicht beeinflusst; es beschreibt nur die metabolische Seite einer Störung des Säure-Basen-Haushalts und kennzeichnet sie damit (24,25).

Da das Standardbikarbonat während der Spülung aber absinkt, muß die Azidose auch einen metabolischen Anteil haben (15). Bedingt ist dieser durch die Überladung des Organismus mit sauren Valenzen infolge der Aufnahme von Chloridionen aus der Spülflüssigkeit, erkennbar an einer kontinuierlich ansteigenden Serumchloridkonzentration von im Mittel 108 auf 121 mval/l.

Der zugrunde liegende Mechanismus könnte neben der Resorption - Natrium ist ja in gleicher Konzentration in der Spüllösung enthalten, sein Serumspiegel bleibt unverändert - ein zusätzlicher Austausch von Chlorid gegen Bikarbonat in den unteren Dünndarmabschnitten (27) und im Kolon sein (26).

Die Chloridausscheidung im Urin läuft zwar parallel zu der des Natriums, erreicht aber nicht ganz dieselbe Absoluthöhe (s. Tab. XIIa). Bei Azidosen nicht renalen Ursprungs scheidet die Niere kompensatorisch vermehrt H^+ -Ionen aus; der Harn-pH wird deshalb saurer, was auch wir während der Spülung feststellen konnten. (Tab. XIII)

Zeit (h)	1	2	3	4	5
Harn-pH	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5

Tab. XIII: Harn-pH im Verlauf der Spülung mit NaCl

zu 2)

Neben der Azidose führt die Darmspülung mit 0,9%iger Kochsalzlösung auch zu einer isotonen Hyperhydration des Extrazellulärtraums (EZR). Diese Behauptung stützt sich auf folgende Überlegungen:

Die kontinuierliche Verminderung der Konzentrationen von Eiweiß, Harnstoff, Calcium und Magnesium im Serum bei gleichbleibender Natriumkonzentration und ansteigendem Chloridspiegel läßt zunächst auf eine Resorption der Spüllösung mit konsekutiver Vermehrung des Plasmavolumens schließen. Bestärkt wird diese Annahme durch das Verhalten der Erythrozyten, des Hämoglobins und des Hämatokrits. Diese Größen fallen zwar auch bei den Kontrolltieren narkosebedingt ab, sie sinken jedoch während der Spülung wesentlich tiefer und zeigen keine Erholungstendenz (15).

Es besteht also die für einen Überschuß an extrazellulärem Volumen typische Konstellation mit erniedrigten Hämatokrit-, Hämoglobin-, Erythrozyten- und Eiweißwerten sowie einem normalen Natriumspiegel im Serum (24,25).

Berechnet man die Vermehrung des extrazellulären Volumens aus der Verdünnung der genannten Parameter, so ergibt sich eine Zunahme des EZR um knapp 10 % nach zwei Stunden und um 15 - 20 % am Ende der Spülung (Tab. XIV, XV; Abb. XI).

	c_1	c_4	c_4^+	PV %
EW (g%)	6,29	5,27	-	119
Harnst.(mg%)	28,35	(20,41)	24,58	115
Ca (mval/l)	4,94	4,34	-	114
Mg (mval/l)	1,90	(1,48)	1,56	122

Tab. XIV: Plasmavolumen (PV) in % nach vierstündiger Spülung (berechnet aus Konzentrationsänderungen von EW, Harnstoff, Calcium und Magnesium)

c_1 = Konzentration im Serum nach 1 h Versuchsdauer

c_4 = " " " " 4 h "

c_4^+ = korrigierte Konzentration im Serum nach 4 h Versuchsdauer (s.u.)

PV = Plasmavolumen am Ende der Spülung im Verhältnis zum Ausgangsvolumen (= 100 %)

Da für eine derartige Berechnung natürlich Voraussetzung ist, daß sich der Gesamtbestand der Substanzen im Plasma nicht ändert (25), mußten die 4 h- Konzentrationen von Harnstoff und Magnesium wegen der gleichzeitigen Änderung bei den Kontrolltieren korrigiert werden; der Eiweiß- und Calciumspiegel bleibt dort konstant.

Ebenso wurde wegen der beträchtlichen durch die Narkose verursachten Schwankungen der Werte in der ersten Stunde als Ausgangsplasmavolumen dasjenige von einer Stunde nach Versuchsbeginn benutzt und als 100 % gesetzt. Bis zu diesem Zeitpunkt dürfte die Flüssigkeitsresorption noch nicht ins Gewicht fallen.

Unter diesen Voraussetzungen läßt sich das Plasmavolumen am Ende der Spülung wie folgt berechnen:

$$c_1 \cdot V_1 = c_4 \cdot V_4$$

$$V_4 = \frac{c_1}{c_4} \cdot 100 \% ;$$

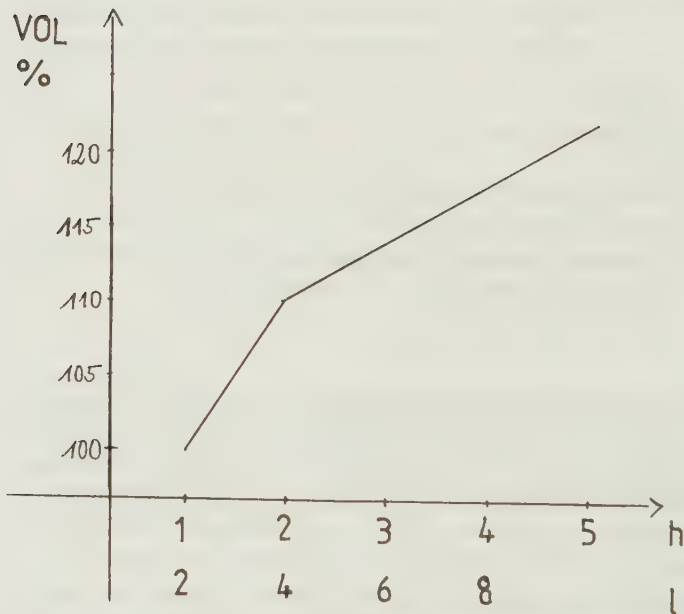


Abb. XI: Plasmavolumenverdünnung, nach der Verminderung der Eiweißkonzentration berechnet

		Hkt	Hb	Ery's
2 h	K	78,3	81,3	80,1
	S	71,5	73,4	72,6
4 h	K	82,6	84,4	88,8
	S	70,4	68,5	71,0
PVV %	2 h	8,7	9,7	9,4
	4 h	14,8	18,8	20,0

Tab. XV: Verdünnung des Plasmavolumens in % anhand von Hkt, Hb, Erythrozyten
(die für die Tabelle benutzten Werte sind in (15) ausführlich dargestellt)

K = Kontrollgruppe

S = gespülte Serie

PVV = Plasmavolumenvermehrung (in % vom Ausgangswert)

Hb, Hkt, Ery's in % vom Ausgangswert

Die Differenz der Prozentzahlen zwischen Kontrolle und Spülung (K - S) ergibt die wirkliche Größe der Verdünnung (X) erst dann, wenn man unter Berücksichtigung der Narkosewirkung die real verdünnbaren Substanzmengen (K) als 100 % setzt. Daraus ergibt sich:

$$\frac{K}{100} = \frac{K - S}{X} \quad X = \frac{100 \cdot (K - S)}{K}$$

z.B. Verdünnung des Plasmavolumens nach 4 h, berechnet nach den Hkt - Werten:

$$X = \frac{100 \cdot (K_4 - S_4)}{K_4} = \frac{100 \cdot (82,6 - 70,4)}{82,6} = 14,8(\%)$$

Dafür, daß der Kaliumspiegel im Serum während der Spülung nach dem initialen Abfall nicht weiter wie etwa der des Calciums oder Magnesiums sinkt, mag die bei den gespülten Tieren entstehende Azidose verantwortlich sein; denn da sich Kalium und Wasserstoff gegenseitig intrazellulär zu ersetzen vermögen, findet bei einer Azidose eine Verschiebung von Kaliumionen aus dem Zellinnern in den Extrazellulärraum und somit auch ins Serum statt (24,25).

Die Kaliumsenkung um 0,8 mval/l in der ersten Stunde in beiden Serien bewirkt die Barbituratnarkose (28).

Für eine Vermehrung des Plasmavolumens aufgrund der Resorption von Kochsalzlösung spricht schließlich noch die renale NaCl- und Wasserausscheidung, die im Verlauf der Spülung ständig zunimmt (s. Tab. XI und XIIa).

Die Frage ist nun, ob eine isotone Hyperhydration vorliegt, denn in diesem Fall bliebe sie auf den EZR beschränkt (24), und jeder extrazelluläre Volumenüberschuß wird bei normalen Kreislaufverhältnissen und intakter Nierenfunktion rasch eliminiert.

Verantwortlich dafür sind Volumenrezeptoren in den afferenten Nierengefäßen und Osmorezeptoren in Hypothalamus und Leber - letztere sprechen schon auf eine um 1 % veränderte Plasmaosmolalität an -, die über Aldosteron- und ADH - Sekretion die Wasserausscheidung regulieren (25,27,34).

Beweisend für die Isotonie der extrazellulären Volumenvermehrung ist, daß sich weder der Natriumspiegel im Serum noch die Zellgröße, z.B. der Erythrozyten verändern.

Nach TRUNINGER (25) resultieren Störungen der Osmolalität der Körperflüssigkeit aus einer Abweichung des Wasserbestandes zum Natriumbestand vom normalen Verhältnis; d.h. der osmotische Druck ist eng an die Natriumkonzentration gekoppelt.

Im EZR stellt Natrium das wichtigste Kation. Sein Anteil an der Gesamtzahl der vorhandenen Ionen ist konstant genug, um praktisch voll mit der Plasmaosmolalität zu korrelieren (25). Ein gleichbleibender Natriumspiegel schließt also eine stärkere Veränderung der Osmolalität des Plasmas aus, vor allem, wenn, wie in unserer Versuchsanordnung, nur isotone Lösung zugeführt wird (24).

Denn nach übereinstimmenden Literaturangaben scheint es eine allgemeingültige Regel zu sein, daß sich die Wasserresorption aus isotoner Lösung - unabhängig vom hydrostatischen Druck (30) - isosmotisch zu den aufgenommenen Salzmenngen verhält (31). Diese Bindung der Wasser- an die Salzresorption (29,30) wird bestätigt durch die Tatsache, daß während der Resorption isotoner Elektrolytlösungen sowohl die im Lumen verbleibende als auch die im in-vitro-Versuch absorbierte wie die in vivo in den Lymphbahnen erscheinende Flüssigkeit nahezu isotonisch bleibt (33).

Die Resorption von Wasser ist prinzipiell in allen Teilen des Dün- und Dickdarms möglich (33); Hauptorte sind jedoch Jejunum und Ileum, während man im Magen nicht mit wesentlicher Resorption rechnen kann; dort werden aber nicht isotone Lösungen durch Einstrom von NaCl bzw. H_2O isoton gemacht (26, 27, 30).

Die Natriumaufnahme durch die Darmepithelzelle geschieht durch aktiven Transport über ein sättigungsfähiges

Carriersystem (26,29,33). Wasser diffundiert passiv (30,31) aufgrund des osmotischen Gradienten nach.

Die Resorptionsfähigkeit des (menschlichen) Darms steigt nach LOVE (32) bei ausreichender Perfusion bis zu einem Maximum von etwa 15 ml/min $\hat{=}$ 900 ml/h. Natrium wird unter diesen Bedingungen im Mittel in einer Menge von 1,65 mval/min $\hat{=}$ 100 mval/h, allerdings mit einer großen Schwankungsbreite aufgenommen (2).

Ist die Hydration nun isoton, so darf sich am Zellvolumen, z.B. der Erythrozyten, keine Reaktion zeigen, weil ja Osmolalitätsänderungen des Plasmas, sei es bei Hyper- oder Dehydration, eine Wasserverschiebung zwischen EZR und damit eine Änderung des Zellvolumens bewirken (30,34).

Nach HUSEMANN (28) läßt sich eine Osmolalitätsänderung auch am Verhältnis des Volumens der Blutzellen (Hämatokrit) zur Quantität einer stabilen Substanz (Hämoglobin) erkennen.

Beide Größen bleiben aber bei uns nahezu konstant und belegen damit die Isotonie der Hyperhydration.
(s. Tab. XVI)

Zeit (h)	MCV	MCHC
0	87,8	32,5
2	86,4	33,3
4	87,1	31,6
5	85,0	32,7

Tab. XVI: mittleres Erythrozytenvolumen (MCV) und mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration (MCHC) im Verlauf der Spülung mit NaCl.

(Die für die Berechnung benutzten Hb-, Hkt- und Erythrozytenwerte sind aus (15) entnommen).

$$\text{MCV}(\text{ m}^3) = \frac{\text{Hkt}}{\text{Erys/mm}^3} \frac{10}{1000}$$

$$\text{MCHC}(\%) = \frac{\text{Hb(g\%)} \cdot 100}{\text{Hkt}}$$

c) Literatur zur Darmspülung am Menschen

1) Lösung - Elektrolyte - Hydratation

Die meisten Autoren verwenden die von HEWITT 1973 vorgeschlagene Zusammensetzung der Spüllösung (1); sie enthält pro Liter destilliertes Wasser 6,14 g NaCl, 0,75 g KCl und 2,94 g NaHCO_3 (5,6,7,9). Aber auch isotone Kochsalzlösung (4,11), Ringerlaktatlösung (8) und eine hyperosmolare (390 m-osmol/l) Elektrolytlösung (14) sind schon klinisch erprobt worden.

Die Einlaufmenge variiert stark und reicht von im Mittel vier Litern (6) über etwa zehn Liter (7,11) bis hin zu einer Größenordnung von 12 - 14 (14) oder sogar 15 - 20 Litern (8). Auch die Einflußgeschwindigkeit ist unterschiedlich, beträgt aber meistens drei bis vier Liter in der Stunde.

Die Lösung wird körperwarm (4,11) fast immer über eine Magensonde appliziert, selten auch getrunken; AMGWERT (8) schiebt die Sonde unter Bildschirmkontrolle sogar bis ins Duodenum vor.

Nach übereinstimmenden Literaturangaben ziehen die Patienten die Darmspülung der bisherigen Vorbereitungsmethode mit Diät, Einläufen und Laxantien vor (1,6,9). Allerdings darf die - wenn auch wünschenswerte - Vorliebe der Patienten für eine bestimmte Vorbereitungsmethode in einer so folgenschweren Angelegenheit, wie sie die Entdeckung und Behandlung von Karzinomen ist, nicht das ausschlaggebende Kriterium für oder gegen eine Methode sein. Entscheidend ist primär die Erfolgsrate.

Die Ergebnisse der orthograden Darmspülung (hinsichtlich des Reinheitsgrades des Dickdarms beim Eingriff) können unter der Voraussetzung, daß die infundierte Flüssigkeitsmenge genügend groß ist (etwa 8-10 Liter), auf jeden Fall mit den herkömmlichen Vorbereitungs- methoden konkurrieren (4,7,8,9,11,14). In 85 - 90 % wird die Darmbeschaffenheit als gut bis ausgezeichnet angesehen.

Bis auf leichte Bauchschmerzen und Meteorismus (1, 6,7,14) sowie Nausea und Erbrechen (4,5,7,8,9,11,14), das aber durch Herabsetzung der Einlaufgeschwindigkeit der Spüllösung und durch die Gabe von 10 mg Metoclo- pramid i.m. (4,9,14) kontrollierbar ist, werden kaum ernsthaftere klinische Nebenwirkungen beschrieben.

Einige Autoren haben die Serumelektrolytspiegel vor und nach der Spülung bestimmt und keine größeren Kon- zentrationsschwankungen von Natrium, Kalium und Chlorid feststellen können (5,6,7,9,14). Lediglich CRAPP (4) und BARTELSMAN (9) berichten in einigen Fällen von einem geringen Abfall des Hämoglobins und Hämato- krits, während bei STOCK (11), der mit isotoner Koch- salzlösung spült, mit unseren Ergebnissen fast iden- tische Veränderungen auftreten. Bei seinen Probanden steigt der Natriumspiegel leicht um 3 mval/l, das Chlorid um 11 mval/l, wohingegen die Kaliumkonzentra- tion gleich bleibt, und Calcium um 0,5 mval/l und Eiweiß um 0,34 g/l absinken - Zeichen einer stärkeren NaCl- und wasserresorption.

Da sich hier wie bei unseren Versuchstieren eine Über- ladung des Organismus mit sauer wirkenden Chlorionen andeutet, die von anderen Autoren nicht angegeben wird, ist der Zusatz von Bikarbonat in der HEWITT'schen Lösung sicher gerechtfertigt. Auch ein Kaliumzusatz

von 10 mval/l scheint sinnvoll, denn CRAPP (4) stellt in der ersten Stunde der Spülung mit NaCl enterale Kaliumverluste fest und auch BARTELSMAN (9) erwähnt eine leicht negative Kaliumbilanz.

Glucose darf der Spülflüssigkeit auf keinen Fall beigefügt sein, weil sie eindeutig die Natriumresorption und damit auch die Wasseraufnahme stimuliert (31,33).

Überhaupt ist Hyperhydration ein zentrales Problem der Darmspülung. In jeder Veröffentlichung wird über eine teilweise doch erhebliche Wasserretention berichtet, meist nach der Gewichtszunahme der Patienten beurteilt. So beträgt nach HEWITT (1) die Resorption 1,5 l/h, bei den übrigen (4 - 9,11) zwischen 1,1 und 2,3 Liter im Verlauf der Spülung. Die retinierte Flüssigkeit wird aber, ist die Herz- und Nierenleistung suffizient, in den folgenden Stunden über den Urin wieder ausgeschieden. Um diesen Regulationsmechanismus zu unterstützen, kann man, vor allem bei älteren Leuten mit Verdacht auf reduzierte Herzleistung, 20 - 40 mg Furosemid verabreichen (4,8).

BARTELSMAN spricht von einer 5 - 10 %igen Wasserresorption (8), CHAMPAULT (13) von fast rein extrazellulärer Volumenvermehrung. STOCK bemerkt eine Zunahme des Zentralvenendruckes von 5,9 auf 7,5 cm H₂O bei stabilem arteriellen Blutdruck (11); HOLLENDER schließlich ist trotz der im Mittel nur 0,75 kg betragenden Gewichtszunahme seiner Patienten - er führt dies auf die Benutzung leicht hypertoner Spüllösung zurück - nach eigenen Worten doch überrascht, daß er bei radioaktiven Blutvolumenbestimmungen in fünf Fällen zweimal eine Zunahme des Plasmavolumens um 5 % und dreimal eine um 20 % feststellen mußte (14). Letzterer Wert erreicht exakt dieselbe Höhe wie unsere Berechnungen (s. Tab. XIV, XV und Abb. XI).

2) Indikationen - Kontraindikationen

Indikation für die orthograde Darmspülung ist die Vorbereitung auf diagnostische und therapeutische Eingriffe im Dickdarmbereich. Im Einzelnen sind das:

- Bariumkontrasteinläufe (9)
- Koloskopien (4,6,9,14)
- Eröffnungen bzw. Resektionen des Darms im colorektalen Gebiet, z.B. bei Carzinomen (4,7,8,9,11,14) oder bei entzündlichen Darmprozessen wie Divertikulitis, M. Crohn oder Colitis ulcerosa (11,14)

in Einzelfällen:

- Behandlung chronischer Obstipation (4)
- Entfernung langsam resorbierbarer Giftstoffe aus dem Darm (10)
- Ausspülung von Fadenwürmern, die gegen Anthelmintika resistent waren (10)

CHAMPAULT (13) benutzt die HEWITT'sche Lösung zur Auswaschung des Blutes aus dem Darm bei Leberzirrhosekern nach Varizenblutungen, um der drohenden Enzephalopathie zu begegnen. Der Erfolg ist überzeugend bei den Patienten, die mit einer genügenden Flüssigkeitsmenge gespült wurden; jedoch beobachtet CHAMPAULT eine Wasserresorption von 2 - 3 Litern, die manchmal zu deutlichen Nebenwirkungen, wie starken Blähungen, Polypnoe und Sublungenödem führe.

Als Kontraindikationen werden allgemein aufgrund der Notwendigkeit, die retinierte Flüssigkeit wieder auszuscheiden, Herz- und Niereninsuffizienz, sowie hohes

Alter wegen der dann eingeschränkten Regulationsfähigkeit des Organismus anerkannt, ebenso hochgradige Stenosen oder gar ein bestehender Ileus (1,4-8,11, 14). Vorsicht scheint auch bei Leberzirrhotikern geboten zu sein (13) .

Nach unseren Erfahrungen könnte eventuell bei Patienten mit pulmonaler Insuffizienz die im Darmlumen befindliche Flüssigkeit, vor allem, wenn eine Stenose die Passage verlangsamt, durch eine zusätzliche mechanische Behinderung der Zwerchfellbewegungen die respiratorische Situation weiter verschlechtern.

3) Bakteriologie

Für die große Mehrzahl postoperativer Infektionen in der Dickdarmchirurgie sind fäkale Bakterien verantwortlich, die während des Eingriffs aus dem Lumen ins Gewebe oder den Peritonealraum gelangen. Meist sind es *E. coli*, *Bacteroides*, *Proteus* und *Streptokokkus faecalis* (12,35,36).

Die orthograde Darmspülung schafft durch mechanische Säuberung des Kolons günstige Voraussetzungen für den Einsatz oraler, nicht resorbierbarer Antibiotika, die der Spülflüssigkeit zugesetzt werden können.

Die mechanische Reinigung allein erreicht zwar keine verlässliche Keimreduktion (12,14,16); ohne signifikante Verminderung der Stuhlmassen sind aber orale Antibiotika präoperativ wertlos (35).

Nach neuesten amerikanischen Forschungsergebnissen (16) scheint eine Kombination von Erythromycinbase

und Neomycinsulfat, das allein gegen Bacterioides nicht genügend wirksam ist (35), die zur Zeit effektivste Kombination zu sein. Verbunden mit einer wirksamen mechanischen Reinigung setzt sie das Risiko septischer Komplikationen nach colorektalen Operationen deutlich herab (12,36). Septische Komplikationen treten in der nur mechanisch gereinigten Gruppe in 43 %, Wundinfektionen in 35 %, in der zusätzlich mit den genannten Antibiotika behandelten Gruppe dagegen in beiden Fällen nur in 9 % auf (16).

HEWITT (1) beobachtet bei einer Zugabe von 1 g/l Neomycinsulfat zu seiner Lösung ein Verschwinden von E. coli und Streptokokkus faecalis und eine Verminderung von Bacterioides um den Faktor 10^3 - 10^5 .

LEGER (7) verwendet neben Neomycin noch das Antisepticum Noxythiolin, erreicht damit aber keine vollständige Elimination von E. coli und Streptokokkus faecalis.

STOCK (11) erzielt mit Neomycin 1 g/l eine konstante Absenkung der aeroben und anaeroben Flora um jedenfalls über 92 %, im Durchschnitt um 98 - 99 %; er meint, die Häufigkeit postoperativer Komplikationen sei deutlich geringer als bei der konventionellen Vorbereitung.

HOLLENDER (14) schließlich berichtet, daß er bei einer Zugabe von 1 g/l Neomycin und 0,5 g/l Metro-nidazol zu den letzten acht Litern der Spülung eine Sterilisation des Darms in fast 50 % der Fälle und eine wesentliche Verminderung der Keimzahlen in den restlichen Fällen erreicht. Übrig bleiben oft

Bacterioides und Peptostreptokokken, die aber 10^4 Keime/ml nicht übersteigen. Auch er glaubt, eine Begünstigung der Bauchdeckenverhältnisse und Anastomosenheilung und eine Reduktion von septischen Komplikationen zu erkennen.

Da die Bakterien sich nach Beendigung der Spülung wieder zu vermehren beginnen, sollte die Operation so bald wie möglich nach Beendigung der Spülung stattfinden (7,14). Die Darmflora erholt sich in quantitativer und qualitativer Hinsicht schon nach wenigen Tagen (11), so daß eine Überlagerung der normalen Darmbakterien durch Staphylokokken, Pseudomonas oder pathogene Pilze mit Folgen der postoperativen Enterocolitis nicht zu befürchten ist.

d) Schlußwort

Beachtet man Indikationen und Kontraindikationen und macht sich die neuesten Erkenntnisse über die Effektivität bestimmter Antibiotika zunutze, kann man sich der Meinung von STOCK anschließen, dessen Erfahrungen die orthograde Darmspülung sowohl aus klinischer wie auch aus mikrobiologischer Sicht als wirkungsvolles und vergleichsweise risikoarmes Vorbereitungsverfahren für die Dickdarmchirurgie erscheinen lassen (11).

VI. ZUSAMMENFASSUNG

- 1) Wir untersuchten die Auswirkungen der orthograden Darmspülung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt. Dazu infundierten wir Hunden in Barbituratnarkose 6-8 Liter einer isotonen Kochsalzlösung über eine Magensonde mit einer Geschwindigkeit von 2 l/h und kontrollierten Blutbild, Serumelektrolyte, Säure-Basen-Haushalt und Urinausscheidung.
- 2) Die vierstündige Spülung beeinflusst die Natrium- und Kaliumkonzentrationen im Serum nur wenig, erhöht jedoch den Chloridspiegel um 11 mval/l und bewirkt ein kontinuierliches Absinken von Eiweiß, Harnstoff, Magnesium und Calcium.
Hämatokrit und pH-Wert fallen ebenfalls ab. Die renale NaCl- und Wasserausscheidung nimmt ständig zu.
- 3) Es entstehen eine gemischte Azidose - der respiratorische Anteil durch die barbituratabhängige Atemdepression, der metabolische hyperchlorämisch - und eine isotone (Na-Spiegel bleibt unverändert), also extrazelluläre Hyperhydration um 15-20 %.
- 4) Diese Ergebnisse lassen wegen der Azidose einen Zusatz basischer Valenzen (z.B. Bikarbonat) zur Spüllösung sinnvoll erscheinen.
Wegen der Vermehrung des extrazellulären Volumens, das über den Urin wieder ausgeschieden wird, müssen Herz- und Niereninsuffizienz sowie hohes Alter der Patienten als Kontraindikationen gelten.
Hochgradige Stenosen oder gar ein Ileus machen eine effektive Durchführung der Spülung unmöglich.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Hewitt J., J.Rigby, J.Reeve, A.G.Cox : Whole-gut irrigation in preparation for the large bowel surgery; Lancet (1973) 337-340
- 2) Love A.H.G., J.E.Rhode, M.E.Abrams, N.Veall : The measurement of bidirectional sodium fluxes across the intestinal wall in man using whole-gut perfusion; Clinical Science 44 (1973) 267-278
- 3) Nichols R.L., W.Schumer, L.M.Nyphus : Technique of preoperative bowel sterilisation; Lancet (1973) 735
- 4) Crapp A.R., S.J.A.Powis, P.Tillotson, W.T.Cooke, J.Alexander-Williams; Preparation of the bowel by whole-gut irrigation; Lancet (1975) 1239-40
- 5) Skukas W., W.Cutcliff, H.W.Fischer : Whole-gut irrigation as a means of cleaning the colon; Radiology 121 (1976) 303-305
- 6) Levy A.G., J.W.Benson, E.L.Hewlett et alii : Saline lavage, a rapid, effective and acceptable method for cleansing the gastrointestinal tract; Gastroenterology 70,2 (1976)
- 7) Leger L., B.Chiche : L'irrigation-lavage de l'intestin pour la préparation du colon à la chirurgie; La Nouvelle Presse Médicale 5 (1976) 1225

- 8) Amgwerd R.: Präoperative Dickdarmvorbereitung durch Intestinalspülung; Helvetia Chir. Acta 43 (1976) 587-589
- 9) Bartelsman J.F., M.Padmos, G.N. Tytgot: Reiniging van het colon door middel van totale darm-lavage; Tijdschrift voor Gastroenterologie, Brügge, 29 (1976) 417-422
- 10) Woo P., A.Hatfield, J.R.Green, S.M.Hamilton: whole-gut perfusion for therapeutic purgation; British Medical Journal I (1976) 433-434
- 11) Stock W., H.-J.Hirt, K.P.Schaal, H.Pichlmaier: Die präoperative Darmkeimverminderung durch ortho-grade Darmspülung; Der Chirurg 48 (1977) 161-165
- 12) Arabi J., F.Dimock, D.W.Burdon, M.R.B.Keighley: Multicentre studie of bowel preparation for colorectal cancer; Congress of European Surgery Resurch, Manchester, 7.7.-8.7. 1977
- 13) Champault G., J.C.Patel, J.L.Pourria, M.Garnier, F.Fabre, F.Salomon: Perturbations hydro-électro-lytiques secondaires au lavage intestinal à grand débit utilise pour la prévention de l'encéphalopathie post-hémorragique du cirrhotique. Nouvelle Presse Médicale 6 (1977) 435
- 14) Hollender L.F., H.Calderoli, C.Schoenahl, R. van Pethgem, C.Meyer: Die ortograde Darmspülung in der präoperativen Dickdarmvorbereitung. Aktuelle Chirurgie 13 (1978) 43-52

- 15) Baier H.: Die orthograde Darmspülung im Tierversuch unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen im Säure-Basen-Haushalt sowie der Hämoglobin-, Hämatokrit- und Erythrozytenwerte. Inauguraldissertation an der Universität Erlangen-Nürnberg; (1979)
- 16) Clarke S.J., R.E.Condom et alii: Preoperative oral antibiotics reduce septic complications of the colon operations; Annual Surgery 186 (1977) 251-259
- 17) Barnes M.R.: How to get a clean colon - with less effort; Radiology 91 (1968) 948-953
- 18) Pflüger H.: Kurzlehrbuch der modernen Anästhesie; Schattauer-Verlag Stuttgart (1966)
- 19) Forth W., D.Henschler, W.Rummel: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie; Bibliographisches Institut Mannheim-Wien-Zürich Wissenschaftsverlag (1977)
- 20) Conway C.M., D.B.Ellis, N.W.King: A comparison of the acute haemodynamic effects of thiopentone, methohexitone and propanidid in the dog; British Journal of Anaesthesiology (1968) 736-745
- 21) Price H., M.Helrich: The effect of cyclopropane, diethyl ether, nitrous oxide, thiopental and hydrogen ion concentration on the myocardial function of the dog heart-lung preparation; Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics 115 (1955) 206-216

- 22) Struck H.J.: Experimentelle Medizin; Thieme-Verlag Stuttgart (1973)
- 23) Bolz W.: Allgemeine Narkose beim Tier; Ferdinand-Enke-Verlag Stuttgart (1961)
- 24) Schwab M.: Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts; aus: Lehrbuch der Inneren Medizin von R. Gross und P. Schölmerich; Schattauer-Verlag Stuttgart - New-York (1977)
- 25) Truninger B.: Wasser- und Elektrolythaushalt; Georg-Thieme-Verlag Stuttgart (1974)
- 26) Domagk G.F., K.Kramer: Ernährung und Verdauung; Urban und Schwarzenberg, München- Wien-Baltimore (1977)
- 27) Deetjen P.: Niere und Wasserhaushalt; Urban und Schwarzenberg, München- Berlin-Wien (1973)
- 28) Husemann B.: Die Bedeutung des Wasser- und Elektrolythaushaltes für die Praxis; Verlag Gerhard Witzstrock GmbH; Baden-Baden, Brüssel (1975)
- 29) Loeschke K.: Intestinale Adaptation der Elektrolyt- und Wasserresorption; Fortschritte der Medizin 32 (1975) 1613-1615
- 30) Winne D.: Der Mechanismus der enteralen Wasser- und Natriumchloridresorption; Medizinische Welt 50 (1968) 2774-2781

- 31) Sladen G.E., A.M.Dawson: Interrelationships between the absorptions of glucose, sodium and water by the normal human jejunum;
Clinical Science 36 (1969) 119-132

- 32) Love A.H.G., T.G.Mitchell, R.A.Phillips: Water and sodium absorption in the human intestine;
Journal of Physiology 195 (1968) 133-140

- 33) Fordtran J.S., J.M.Dietschy: Water and electrolyt movement in the intestine;
Gastroenterology 50 (1966) 263-285

- 34) Koslowski L., W.Irmer: Lehrbuch der Chirurgie;
Schattauer-Verlag Stuttgart - New-York (1978)

- 35) Herter F.P.: Preparation of the bowel for surgery;
Surgical Clinics of North America 52 (1972) 859

Herrn Prof. Dr. F. P. Gall, Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, danke ich dafür, daß ich meine tierexperimentelle Arbeit an seiner Klinik durchführen durfte,

ebenso Herrn Priv. Doz. OA Dr. W. Schellerer für die freundliche Überlassung des Themas.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. M. Schweiger, Frau Brand und Herrn Dr. Maintz für die dauernde Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Kraus vom Stoffwechsellabor danke ich herzlich für die nützlichen Ratschläge und seine tatkräftige Mithilfe bei den Versuchen.

Schließlich gilt mein Dank den Mitarbeitern des Blut- und Blutgaslabors der Klinik sowie dem Labor der Fa. Pfrimmer, die uns bei der Bestimmung der Werte hilfreich zur Seite standen.

Nicht zuletzt sei dem Personal des Tierlabors vielmals gedankt, das uns bei den Experimenten freundlich mit Rat und Tat unterstützte.

LEBENSIAUF

Am 27. 5. 1953 wurde ich als erstes Kind des Landgerichtsrats Hubert Aumer und seiner Frau Elisabeth in Hochstadt/Main geboren.

In Bamberg besuchte ich von 1959 - 1963 die Volksschule, trat anschließend in den neusprachlichen Zweig des Franz - Ludwig - Gymnasiums über und absolvierte dort im Mai 1972 das Abitur.

Ab dem Wintersemester 1972/73 studierte ich an der Friedrich - Alexander - Universität in Erlangen Medizin. Im Sommer 1974 legte ich die Ärztliche Vorprüfung ab, 75 den Ersten Teil der Ärztlichen Prüfung und 77 den Zweiten Teil der Ärztlichen Prüfung.

Nach der klinischen Ausbildung in Bamberg, Erlangen und Hof bestand ich im Mai 1979 auch den Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.

Ab 2. Juli 79 werde ich als Stabsarzt bei der Bundeswehr tätig sein.

Erlangen, im Juni 1979

